

EP 0421
EP 0421 559, CP 0132 403
H 02 K 37/00

⑤1
①9 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Int. Cl. 2:

DEUTSCHES PATENTAMT



DE 26 53 387 A 1

①1
②1
③2
④3


Offenlegungsschrift 26 53 387

Aktenzeichen: P 26 53 387.9
Anmeldetag: 24. 11. 76
Offenlegungstag: 1. 6. 78

③0 Unionspriorität:
③2 ③3 ③1

*stepping motor
stepper - a
pulse motor*

⑤4 Bezeichnung: Schrittmotor

⑦1 Anmelder:  Intermadox AG, Zug (Schweiz)

⑦4 Vertreter: Liska, H., Dr.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

⑦2 Erfinder: Nichtnennung beantragt

DE 26 53 387 A 1

- 7 -

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Schrittmotor, mit einem Permanentmagnetrotor und einem aus Blechstanzteilen axial geschichteten Stator, der in Nuten eingelegte Erregerwicklungen trägt, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß der Stator aus in Umfangsrichtung kreisringförmig zusammensetzbaren Blechsegmenten (1) geschichtet ist.
2. Schrittmotor nach Anspruch 1, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die Blechsegmente (1) auf ihrer dem Rotor zugekehrten Kante Polzähne (2) aufweisen, die den Schrittwinkel des Rotors festlegen, daß die Polzähne (2) um einen halben Zahnabstand oder ein ganzzahliges Vielfaches davon in Umfangsrichtung gegen den das Blechsegment (1) halbmierenden Segmentradius versetzt sind und daß die Blechsegmente (1) in Umfangsrichtung abwechselnd auf der Blechvorderseite bzw. der Blechrückseite liegend kreisringförmig zusammengesetzt geschichtet sind.
3. Schrittmotor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die Blechsegmente (1) an ihren in Umfangsrichtung einander zugekehrten Stirnkanten Ausnehmungen oder Ansätze aufweisen, die bei geschichtetem Stator miteinander fluchten und daß in die miteinander fluchtenden Ausnehmungen oder auf die miteinander fluchtenden Ansätze axial sich erstreckende Verbindungsstangen (5) eingesetzt bzw. aufgesetzt sind.
4. Schrittmotor nach Anspruch 3, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die Querschnittsform der Verbindungsstangen (5) der Form der geschichteten, miteinander fluchtenden Ausnehmungen bzw. Ansätze angepaßt ist.

809822/0086

5. Schrittmotor nach Anspruch 4, dadurch g e k e n n -
z e i c h n e t , daß die Ausnehmungen oder die Ansätze
Schwalbenschwanzform haben.
6. Schrittmotor nach Anspruch 4, dadurch g e k e n n -
z e i c h n e t , daß die Ausnehmungen Trapezform haben.
7. Schrittmotor nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t , daß an den Enden der Ver-
bindungsstangen (5) Motorabdeckungen (7) angeschraubt
sind, die in den Rotorraum des Stators eingreifen.
8. Schrittmotor nach Anspruch 7, dadurch g e k e n n -
z e i c h n e t , daß an den in den Rotorraum eingrei-
fenden Teilen der Motorabdeckungen (7) Lager (8) für
den Rotor gehalten sind.
9. Schrittmotor nach Anspruch 7, dadurch g e k e n n -
z e i c h n e t , daß eine der Motorabdeckungen (7)
einen Klemmenkasten (10) für den elektrischen Anschluß
des Schrittmotors trägt.
10. Schrittmotor nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die Anzahl
der in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Blechseg-
mente (1) gleich der Phasenzahl des Schrittmotors ist.
11. Schrittmotor insbesondere nach einem der voranstehen-
den Ansprüche, mit einem Rotor, welcher wenigstens zwei
axial nebeneinander angeordnete, in axialer Richtung
magnetisierte und mit Polschuhen versehene Permanent-
magnete aufweist, dadurch g e k e n n z e i c h n e t ,
daß in axialer Richtung des Rotors aufeinanderfolgende
Permanentmagnete (20) jeweils in entgegengesetzter
axialer Richtung magnetisiert sind, so daß sich gleiche
Magnetpole (19) axial gegenüberliegen.

809822/0086

12. Schrittmotor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Polschuhe (21) axial aufeinanderfolgender Permanentmagnete (20) aneinander anliegen.
13. Schrittmotor insbesondere nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jede Erregerwicklung aus mehreren, parallel in die Nut bzw. Nuten der Erregerwicklung eingebrachten Einzelwicklungen besteht.
14. Schrittmotor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Enden der Einzelwicklungen getrennt aus jeder Erregerwicklung herausgeführt sind und daß die Einzelwicklungen außerhalb der Erregerwicklung insbesondere mittels einer Steuerschaltung zueinander in Serie oder zueinander parallel schaltbar sind oder in zueinander parallel geschalteten Einzelwicklungsgruppen in Serie schaltbar sind oder in zueinander in Serie geschalteten Einzelwicklungsgruppen parallel schaltbar sind.
15. Schrittmotor nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelwicklungen derselben Erregerwicklung in Serie und/oder parallel geschaltet sind.
16. Schrittmotor nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß Einzelwicklungen verschiedener Erregerwicklungen in Serie und/oder parallel geschaltet sind.

2653387

- 10 -

4

- [Det.]
17. Schrittmotor nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Einzelwicklung oder jeder Einzelwicklungsgruppe eine eigene, der Einzelwicklung bzw. der Einzelwicklungsgruppe einen Erregstrom bzw. eine Erregerspannung zuführende Steuerschaltung zugeordnet ist.
18. Schrittmotor nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß jede Erregerwicklung aus mehreren, parallel gewickelten Einzeldrähften besteht, von denen jeder eine Einzelwicklung bildet.

809822/0086

DR.-ING. HORST LISKA
PATENTANWALT

3 Blatt Zeichnungen gegeben
2 Blatt. neu ausgearbeitet.
L 7.7.72
NIGERSTRASSE 4
8000 MÜNCHEN 80
TELEFON 089/4704893

5

2653387

INTERMADOX AG Hochhaus I, Fridbach
CH-6300 Zug / Schweiz

Schrittmotor

Es ist bekannt, Schrittmotoren-Statoren aus gestanzten Blechen zu schichten, wobei das Statorblech einen geschlossenen Ring mit den entsprechenden Aufnahmeöffnungen für die Wicklung und die erforderlichen Polteilungen enthält. Es ist weiterhin bekannt, den Stator für Schrittmotoren so aufzubauen, daß die Pole aus U-förmig gebogenem Blech gebildet werden, welche ineinandergelegt werden, wodurch der gewünschte Zahn-Lücke-Abstand erreicht wird und welche U-förmigen Blechen die Wicklungen aufnehmen.

Während das erstbeschriebene Verfahren ein sehr kostenintensives Stanzwerkzeug erfordert, ist beim zweiten Verfahren der Herstellungsaufwand relativ hoch.

Demgegenüber besitzt nachfolgend beschriebenes Verfahren diese Nachteile nicht.

Der Stator wird hier aus Segmenten 1 aufgebaut, die aus gestanzten und geschichteten Blechen bestehen. Die Segmente sind entsprechend Fig. 1 so ausgelegt, daß z.B. für einen Vierphasen-Schrittmotor vier gleiche Segmente gestanzt werden. Jedes Segment beinhaltet die für den Schrittmotor charakteristische Zahnausbildung 2 sowie den Raum 3 zum Einlegen der Wicklungen.

Fig. 2 zeigt ein derartiges Segment. Die Zähne 2' sind um einen halben Zahnabstand in Umfangsrichtung gegen die Winkel-Halbierende der Segmente 1 versetzt. Die Segmente 1 werden in Umfangsrichtung des Stator abwechselnd auf der Blechvorderseite bzw. der Blechrückseite liegend zusammengesetzt. Für einen Vierphasenmotor werden jeweils zwei Bleche auf der Vorderseite liegend und zwei Bleche auf der Rückseite liegend angeordnet.

80982276088

Die Herstellungskosten für ein derartiges Stanzwerkzeug sind vergleichsweise gering zu denen für ein kreisringförmiges Statorstanzwerkzeug. Dies ist insbesondere deshalb der Fall, weil das Segment nur einen Teil des Bearbeitungsaufwandes beinhaltet wie der für den Kreisring erforderliche. Weiterhin läßt sich das Segmentwerkzeug z.B. durch Drahterodieren in einem geschlossenen Kurvenzug herstellen. Der Kreisring dagegen besteht aus zwei Kurvenzügen. Da beim Stanzen der Segmente kaum Stanzabfälle entstehen im Vergleich zum Kreisring, sind die Materialkosten für einen segmentweise aufgebauten Stator günstiger. Für einen Vierphasen-Motor besteht der Stator aus vier identischen Segmenten. Die erforderliche Stückzahl an Teilen vervierfacht sich daher zum Kreisringstator. Dies bedeutet eine weitere Rationalisierungsmöglichkeit bei der Herstellung des Segmentstators.

Um aus den Einzelsegmenten einen kreisringförmigen Stator (Fig.3+4) zu erhalten, sind die Segmente 1 an ihren Enden 4 so ausgebildet, daß ein geeignet geformtes, z.B. schwalbenschwanzförmig gestaltetes Verbindungsstück 5, aus magnetisch nichtleitendem Material die Verbindung der Segmente untereinander herstellt. Die Länge dieses Verbindungsstückes entspricht dabei der Statorlänge. Gleichzeitig trägt dieses Verbindungsstück an seinen Enden Stehbolzen 6. Über diese Stehbolzen wird das Statorblechpaket durch zusammenschrauben zusammengepreßt und ist somit gegen Verschiebungen gesichert. Gleichzeitig bieten diese Stehbolzen die Möglichkeit der Befestigung der vorder- und rückseitigen Motorabdeckungen 7, die die Aufnahme 8 für die Lager der Rotorwelle sowie den Flansch 9 zur Motorbefestigung und einen Klemmkasten 10 zum elektrischen Anschluß des Motors enthalten. Diese Motorabdeckungen 7 sind so ausgebildet, daß sie gleichzeitig durch Hineinragen in den Rotorraum des Stators eine mechanische Abstützung 11 bilden und für die Einhaltung des gewünschten Luftspaltes zwischen Rotor und Stator sorgen.

Der Rotor von Schrittmotoren ist für Motoren höherer Leistung üblicherweise aus Permanentmagneten aufgebaut, die axial magnetisiert sind und auf deren Polflächen jeweils ein Polrad aus geschichteten Blechen oder aus einem Sinterteil aufgebracht ist.

809822/0086

Zur Leistungssteigerung der Motoren werden dabei auch zwei und mehr Magnete mit Polrädern verwendet. Aus Gründen der Magnetisierbarkeit werden diese Magnete jedoch alle in derselben Richtung magnetisiert. Dies erfordert dann zwischen jedem Magnet-system einen Luftspalt von einigen Millimetern zur magnetischen Entkopplung der Systeme. Trotz des Luftspaltes tritt noch ein Streufluß zwischen den Magnetsystem auf. Dieser geht der Motorleistung verloren und zur Erzielung eines bestimmten Drehmomentes sind entsprechend größere oder bessere Magnete zu verwenden. Dadurch entstehen erhöhte Kosten und eine größere Bauform. Die hier beschriebene Magnetanordnung vermeidet diese Nachteile. Entsprechend Fig.5 wird der Rotor so aufgebaut, daß die Polarität 19 der Magnete 20 an ihren zusammenliegenden Stirnseiten gleichgerichtet ist, z.B. Südpol auf Südpol trifft. Durch diese Magnetanordnung kann der sonst erforderliche Luftspalt zwischen dem System entfallen und die gegenüberliegenden Polräder 21 der beiden Systeme dürfen zusammengeschoben werden. Falls noch weitere Systeme folgen, wird nach der selben Regel verfahren. Die Vorteile sind offenkundig. Ein Streufluß zwischen dem System tritt nicht mehr auf. Die Bauform kann durch Verwendung kleinerer Magnete bei gleicher Leistung und durch Wegfallen des Luftspaltes reduziert werden.

Die Wicklungsausführung bei Schrittmotoren ist üblicherweise so gestaltet, daß für jede vom Strom durchflossene Wicklung ein der Belastung entsprechender Drahtdurchmesser gewählt wird. Insbesondere bei hohen Erregerströmen ist deshalb ein relativ starker Drahtquerschnitt erforderlich. Da Schrittmotoren jedoch mit Rechteckimpulsen betrieben werden und die Wicklung üblicherweise so ausgelegt wird, daß eine große Stromanstiegsgeschwindigkeit erreicht wird und andererseits Schrittmotoren bis zu einigen 10 kHz Schrittfrequenz betrieben werden, beinhaltet das Frequenzspektrum des Ansteuerstromes sehr hohe Frequenzkomponenten. Aufgrund des Skineffektes steigt jedoch der wirksame Widerstand eines runden Cu-Drahtleiter von 1mm Durchmesser z.B. bei einer Frequenz von 1 MHz auf das Fünffache des Gleichstromwiderstandswertes. Wird der Motor, wie häufig üblich, mit Konstantstrom betrieben, so

10

von nur $n_1 \cdot I_1 = \frac{W_1}{16}$ auf $\frac{1}{16}$ reduziert gegenüber der Serienschaltung aller Wicklungen. Analog können alle Kombinationsmöglichkeiten zwischen Serien- und Parallelschaltungen betrachtet werden.

Nun bietet sich aber die Möglichkeit, mehrere Einheitskonstantenstromquellen und Ansteuerelektroniken parallel, aber getrennt zu verwenden. Bei beispielsweise 16 solcher Einheiten bleibt die Zeitkonstante τ wie bei einer Wicklung, also $\tau_1 = \frac{L_1}{R_1}$. Die induzierte Gegenspannung bleibt U_{ind} und das Drehmoment wird genau so groß wie bei der Serienschaltung; also maximal. Diese Anordnung bietet die Vorteile des maximalen Drehmomentes bei gleichzeitiger guter Linearität des Drehmoments über einen weiten Drehzahlbereich.

809822/p086

2653387

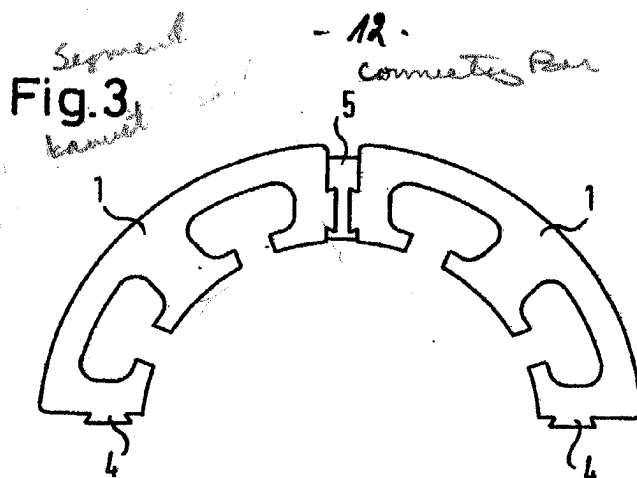
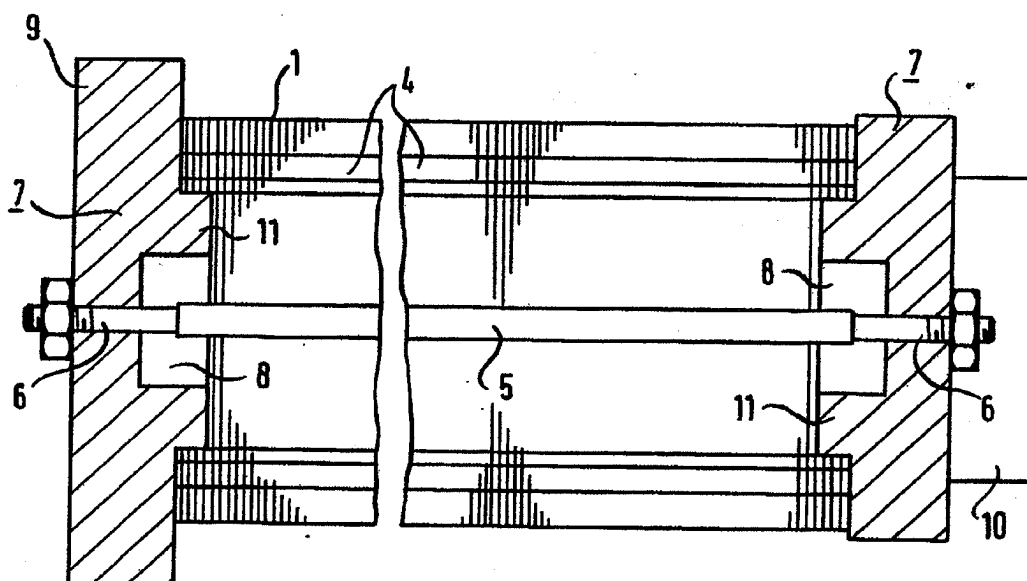


Fig.4



809822/0086

INTERMADOX AG

Number:
Int. Cl.2:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

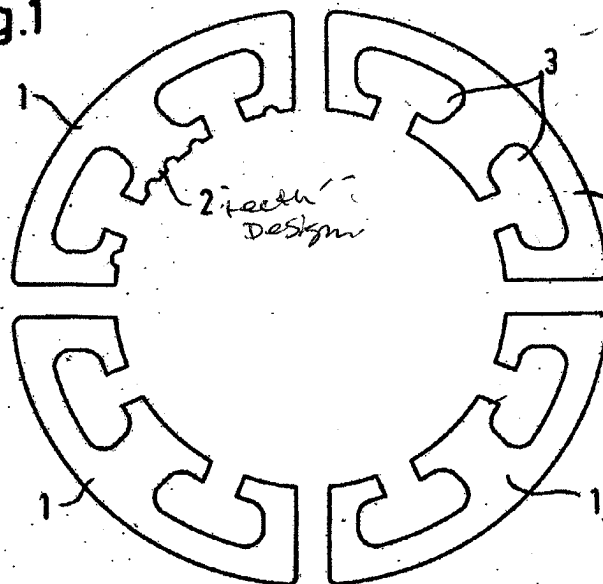
26 53 387
H 02 K 37/00
24. November 1978
1. Juni 1978

2653387

- 13 -

Fig.1

Step

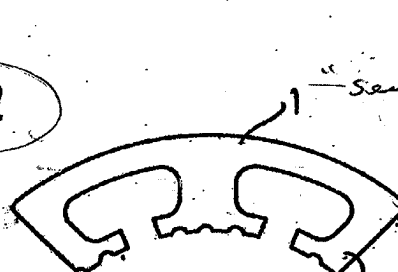


chamber for winding

Each segment is
to each winding group is
assigned
its own control circuit
supplying a constant
voltage.

- 4) Bearings
- 5) connecting Bar
7. motor cover
(screw on the shell
(9 "S")
engage into the
rotor chambers of
the poles
Kept in place
for the rotor.

Fig.2

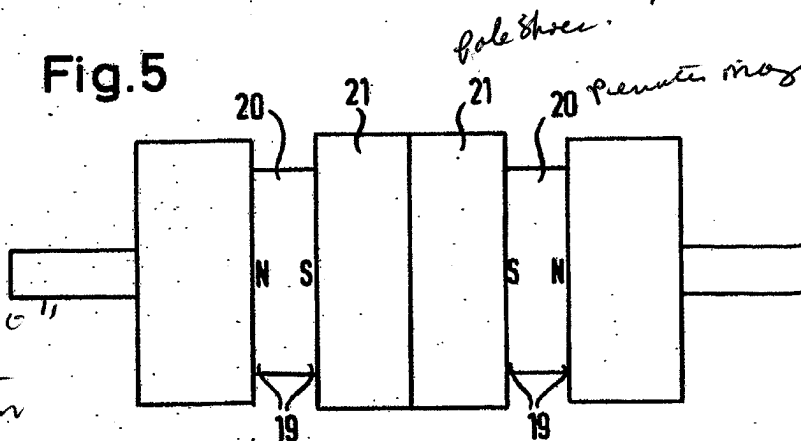


pole teeth

segment bar

2 pole teeth

Fig.5



pole shoes

permanent magnet

magnet pulse

809822/0086

INTERMADOX AG

the number of segmental hatched
which are ~~and~~ average
is equal to the phase number.

6 = ^{Bolt} separator or spacer ~~Bolt~~
(Stud) clasp pin,
(Stay Bolt)

10 ~~Clamp Box~~ (Terminal Block or Connection Box or Plug Box) (Clamping Bolt)
→ use for electrical connection of the motor

dove tail

(3)

Stator

{ Statorblechpaket = laminated core assembly
laminates
1) motor hülle [Cover, ^{ground} etc]
[casing or enclosure]

[8 ~~casing~~ reception]

10

Flange [for attaching the motor]

1. machine support